

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representation of  
The original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平5-2132

(43) 公開日 平成5年(1993)1月8日

(51) Int. Cl. <sup>5</sup>

識別記号

F I

G02B 13/02

8106-2K

審査請求 未請求 請求項の数 2 (全10頁)

(21) 出願番号 特願平3-154944

(22) 出願日 平成3年(1991)6月26日

(71) 出願人 000000527

旭光学工業株式会社  
東京都板橋区前野町2丁目36番9号

(72) 発明者 竹之内真弓

東京都板橋区前野町2丁目36番9号旭光学  
工業株式会社内

(72) 発明者 新井保則

東京都板橋区前野町2丁目36番9号旭光学  
工業株式会社内

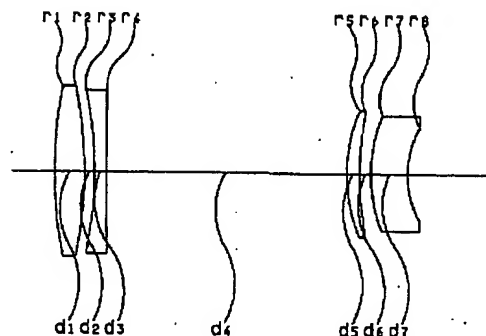
(74) 代理人 弁理士 西脇 民雄

(54) 【発明の名称】 望遠対物レンズ

(57) 【要約】

【目的】 大口径、広画角の要望を満たしつつ、色収差をも十分に補正された望遠対物レンズを提供すること。

【構成】 共に正のパワーを持つ第1、第2レンズ群が物体側より順に配列して構成され、第1レンズ群は1枚の正レンズと1枚の負レンズとから成り、第2レンズ群は物体側に凸面を向けた正のメニスカスレンズと物体側に凸面を向けた負のメニスカスレンズとから成り、第1レンズ群中の正レンズ及び負レンズの屈折率、アッベ数及び部分分散比に基づく諸条件を満たすことを特徴とする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 物体側より順に、共に正のパワーを持つ第1、第2レンズ群が配列して構成され、第1レンズ群は、1枚の正レンズと1枚の負レンズとから成り、第2レンズ群は物体側に凸面を向けた正のメニスカスレンズと物体側に凸面を向けた負のメニスカスレンズとから成り、下記の各条件を満たすことを特徴とする望遠対物レンズ。

- (1)  $1.53 < n_p$
- (2)  $-0.2 < n_p - n_n < 0$
- (3)  $20.0 < v_p - v_n < 40.0$
- (4)  $-0.1 < \theta_p - \theta_n < 0$
- (5)  $0.54 < \theta_p$  かつ  $65.0 < v_p$

但し、

$n_p, n_n$  : それぞれ、第1レンズ群中の正レンズ、負レンズの屈折率

$v_p, v_n$  : それぞれ、第1レンズ群中の正レンズ、負レンズのアッペ数

$\theta_p, \theta_n$  : それぞれ、 $(n_g - n_F)/(n_F - n_C)$  で表される第1レンズ群中の正レンズ

、負レンズの部分分散比

$n\lambda$  :  $\lambda = g, F, C$  の各スペクトル線における屈折率

【請求項2】 以下の条件を満たすことを特徴とする請求項1に記載の望遠対物レンズ。

- (6)  $1.3 < f_1 / f < 1.9$
- (7)  $0.4 < f_p / f < 0.65$
- (8)  $0.5 < |r_2| / f < 0.7$
- (9)  $0.3 < d_4 / f < 0.45$
- (10)  $10.0 < v_{2p} - v_{2n} < 50.0$

但し、

$f$  : 全系の焦点距離

$f_1$  : 第1レンズ群の焦点距離

$f_p$  : 第1レンズ群中の正レンズの焦点距離

$r_2$  : 物体側より2番目の面の曲率半径

$d_4$  : 物体側より4番目と5番目との面間距離

$v_{2p}$  : 第2レンズ群中の正レンズのアッペ数

$v_{2n}$  : 第2レンズ群中の負レンズのアッペ数

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 この発明は、例えば天体望遠鏡等に用いられる簡単な構成で、しかも口径比1:4前後の大口径望遠対物レンズに関するものである。

【0002】

【従来の技術】 従来、天体望遠鏡に用いられる光学系には、シュミット光学系を用いた反射型望遠レンズ、一般写真用超望遠レンズ、あるいは短焦点天体望遠鏡用対物レンズなどがある。

【0003】 シュミット光学系のような反射型望遠レンズは比較的大口径のものを作成することができるが、反射鏡の前に置かれるシュミットプレートの非球面加工が

困難であるために量産化が難しく高価であるのに加え、光学系の調整が難しく、手軽に良質の像を得難いという問題がある。

【0004】 また、特殊低分散ガラスを用いた一般写真用高性能望遠レンズにあっては、構成レンズ枚数が多く、レンズ中にインナーフォーカスの機構や絞り機構を有するため、非常に高価である。

【0005】 従って、一般的には短焦点の天体望遠鏡対物レンズが天体撮影レンズとして用いられている。

10 【0006】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、天体望遠鏡用の対物レンズは、色収差、球面収差、コマ収差を十分小さくする必要があるため、従来大きな口径を得ることが困難であった。例えば特開昭59-220711号公報に開示されたレンズは、口径比1:7前後であり、天体写真撮影用としてはやや暗い。

【0007】 また、この種の対物レンズは、口径が小さいため、追尾用大型赤道儀が必要となる。そこで、より大口径、広画角のレンズが要望されていた。

20 【0008】 特開昭62-96919号公報に記載されたレンズは、上記の要望をほぼ満足するものであり、光軸上色収差の補正は良好であるが、球面収差の色収差の補正が不十分である。これにより、白色のスポット像においてフレアーが残ってしまう。

【0009】

【発明の目的】 この発明は、上記の課題に鑑みてなされたものであり、大口径、広画角の要望を満たしつつ、球面収差の色収差をも十分に補正することのできる望遠対物レンズを提供することを目的とする。

30 【0010】

【課題を解決するための手段】 この発明に係る望遠対物レンズは、物体側より順に、共に正のパワーを持つ第1、第2レンズ群が配列して構成され、第1レンズ群は1枚の正レンズと1枚の負レンズとから成り、第2レンズ群は物体側に凸面を向けた正のメニスカスレンズと物体側に凸面を向けた負のメニスカスレンズとから成り、下記の各条件を満たすことを特徴とする。

【0011】 (1)  $1.53 < n_p$

(2)  $-0.2 < n_p - n_n < 0$

(3)  $20.0 < v_p - v_n < 40.0$

(4)  $-0.1 < \theta_p - \theta_n < 0$

(5)  $0.54 < \theta_p$  かつ  $65.0 < v_p$

但し、

$n_p, n_n$  : それぞれ、第1レンズ群中の正レンズ、負レンズの屈折率

$v_p, v_n$  : それぞれ、第1レンズ群中の正レンズ、負レンズのアッペ数

$\theta_p, \theta_n$  : それぞれ、 $(n_g - n_F)/(n_F - n_C)$  で表される第1レンズ群中の正レンズ

、負レンズの部分分散比

$n\lambda$ :  $\lambda=g, F, C$ の各スペクトル線における屈折率

【0012】

【実施例】以下、この発明を図面に基づいて説明する。

【0013】実施例に係るレンズは、物体側から順に、1枚の正レンズと1枚の負レンズとから構成される第1レンズ群と、物体側に凸面を向けた正のメニスカスレンズと物体側に凸面を向けた負のメニスカスレンズとから成る第2レンズ群とから構成されている。

【0014】実施例に係るレンズは請求項1に記載の各条件式を満足するもので、次に、その各条件式について 10 説明する。

【0015】条件式(1)は、第1レンズ群中の正レンズの屈折率を規定し、条件式(2)は、第1レンズ群中の正レンズ及び負レンズの屈折率の差を規定したもので、いずれも球面収差の色収差を抑えるための条件である。条件式(1)の下限を下回る場合には、第1レンズ群と良好に適合する第2レンズ群の硝材が限定され、アッペ数等に制約を受けることとなり、球面収差の色収差を小さくすることができなくなる。また、第1レンズ群中の正レンズの屈折率と第1レンズ群中の負レンズの屈折率との差が条 20 件式(2)の範囲を外れる場合には、球面収差の色収差は大きくなる。

【0016】条件式(3)は、第1レンズ群中の正レンズ及び負レンズのアッペ数の差を規定したもので、パワー配分の適正化を図るための条件である。この条件の範囲を満たす場合には、第1レンズ群の2枚のレンズのパワーを適切に保ち、色収差と球面収差とをバランスよく補正することができる。

【0017】条件式(4)は、第1レンズ群中の正レンズ及び負レンズの部分分散比の差を規定したもので、色収差 30 を補正した後に残存する高次の色収差(2次スペクトル)を低く抑えるための条件である。この条件の範囲を外れる場合には、色収差の2次スペクトルが過大となる。

【0018】条件式(5)は、第1レンズ群の正レンズの部分分散比及びアッペ数を同時に規定したもので、2次スペクトル補正を行うと共に適切なレンズパワーを得るための条件である。この条件式の範囲を外れる場合には、2次スペクトルの減少と球面収差補正、球面収差の色収差補正とを両立することが難しくなる。

【0019】また、実施例に係るレンズは請求項2に記載の各条件式をも満足するもので、次に、その各条件式について説明する。

【0020】条件式(6)は、第1レンズ群の焦点距離を全系の焦点距離との関係で規定したもので、良好な収差補正を好ましい全系の長さのもとで得るための条件である。この条件の上限を上回る場合には、収差補正が容易

な光学系を得ることができるが、望遠比が大きくなり、よってその全長は大きなものになってしまう。逆に、この条件の下限を下回る場合には、第1レンズ群のパワーが過大となって各レンズ面の曲率半径が小さくなり球面収差をはじめとする諸収差の発生を抑えることが困難となる。

【0021】条件式(7)は、色収差と球面収差とをバランスよく補正するための条件である。この条件の上限を上回る場合には、色収差の補正が困難となり、逆に、この条件の下限を下回る場合には、色収差の補正の困難性に加え、球面収差の補正も困難となる。

【0022】条件式(8)は、物体側より2番目のレンズ面の曲率半径を規定したもので、球面収差、コマ収差をバランスよく補正するための条件である。この条件の上限を上回る場合には、球面収差、コマ収差、非点収差をバランスよく補正することが困難となる。逆に、この条件の下限を下回る場合には、球面収差、コマ収差の補正のために物体側より3番目のレンズ面の曲率半径を小さくする必要が生じ、高次の球面収差が発生し易くなる。

【0023】条件式(9)は、第1レンズ群と第2レンズ群との空気間隔を規定するものであり、像面湾曲の補正を行うための条件である。この条件の上限を上回る場合には、カメラ等を取り付けるための十分なバックフォーカスを確保することが困難となる。逆に、この条件の下限を下回る場合には、両レンズ群が接近しすぎ、基本的にタブレット構成からなる第1レンズ群によって発生する像面湾曲を第2レンズ群で良好に補正することが困難となる。また、第2レンズ群のレンズ径が大きくなり、コストアップを誘引する。

【0024】条件式(10)は、第2レンズ群中の正レンズ及び負レンズのアッペ数の差を規定するもので、第2レンズ群中における色収差を小さくするための条件である。この条件の範囲を保つことにより、第1レンズ群で補正された色収差を大きくすることなく、球面収差、像面湾曲を補正することが可能である。

【0025】【第1実施例】図1は、この発明の第1実施例を示したものである。

【0026】具体的な数値構成は表1に、また、この構成による諸収差は図2に示されている。

【0027】なお、全実施例における表中の記号は、FN o. はFナンバー、fは焦点距離、 $\omega$ は半画角、fblはバックフォーカス、rは面の曲率半径、dはレンズ厚若しくは空気間隔、nはレンズのdラインにおける屈折率、 $\nu$ はレンズのアッペ数を示している。

【表1】

FNo.= 1 : 4.0  $f=400.00\text{mm}$  $\omega=6.2^\circ$   $f_b=186.68\text{mm}$ 

面番号	r	d	n	$\nu$
1	256.628	18.00	1.56907	71.3
2	-238.773	6.12		
3	-224.084	7.00	1.85412	39.7
4	1500.950	145.00		
5	91.703	7.82	1.85844	50.9
6	189.166	7.00		
7	90.980	22.00	1.69885	30.1
8	56.151			

【0028】【第2実施例】第3図は、この発明の第2実施例を示したものであり、数値構成は表2、この構成による諸収差は図4に示されている。

【0029】

【表2】

FNo.= 1 : 4.0  $f=400.00\text{mm}$  $\omega=6.2^\circ$   $f_b=194.80\text{mm}$ 

面番号	r	d	n	$\nu$
1	240.735	15.59	1.56907	71.3
2	-233.281	5.56		
3	-230.014	7.00	1.78200	40.1
4	12647.947	145.00		
5	80.477	6.88	1.85844	50.9
6	141.343	3.00		
7	82.201	20.04	1.69885	30.1
8	52.234			

【0030】【第3実施例】第5図は、この発明の第3実施例を示したものであり、数値構成は表3、この構成による諸収差は図6に示されている。

【0031】

【表3】

FNo. = 1 : 4.0      f=400.00mm

 $\omega = 6.2^\circ$       fb=180.58mm

面番号	r	d	n	$\nu$
1	-289.766	18.00	1.56907	71.3
2	-252.828	9.84		
3	-224.899	7.00	1.85016	39.4
4	801.928	155.25		
5	108.478	7.82	1.85844	50.9
6	215.761	15.00		
7	89.170	22.00	1.89895	30.1
8	58.870			

【0032】 [第4実施例] 第7図は、この発明の第3実施例を示したものであり、数値構成は表4、この構成による諸収差は図8に示されている。

【0033】

【表4】

FNo. = 1 : 4.0      f=400.00mm

 $\omega = 6.2^\circ$       fb=192.14mm

面番号	r	d	n	$\nu$
1	202.581	20.00	1.56907	71.3
2	-268.477	9.68		
3	-228.914	10.00	1.89551	39.2
4	547.347	147.67		
5	121.263	9.00	1.65844	50.9
6	266.557	18.00		
7	94.947	22.00	1.89895	30.1
8	63.089			

【0034】 [各実施例の条件式数値データ] 第1～第4実施例における各条件式の数値データを表5に示す。

【0035】

【表5】

条件式	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4
(1) $1.53 < n_p$	1.57	1.57	1.57	1.57
(2) $-0.2 < n_p - n_m < 0$	-0.09	-0.15	-0.08	-0.05
(3) $20.0 < \nu_p - \nu_m < 40.0$	31.6	31.2	31.8	32.1
(4) $-0.1 < \theta_p - \theta_m < 0$	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03
(5) $0.54 < \theta_p$	0.545	0.545	0.545	0.545
(6) $65.0 < \nu_p$	71.3	71.3	71.3	71.3
(7) $1.3 < f_1/f < 1.9$	1.828	1.621	1.672	1.682
(8) $0.4 < p/f < 0.65$	0.550	0.528	0.510	0.515
(9) $0.5 <  r_2 /f < 0.7$	0.60	0.58	0.63	0.67
(10) $0.3 < d_4/f < 0.45$	0.38	0.38	0.39	0.37
(11) $10.0 < \nu_{2p} - \nu_{2m} < 50.0$	20.8	20.8	20.8	20.8

## 【 0 0 3 6 】

【発明の効果】以上説明したように、この発明によれば、2群4枚という簡単な構成でありながら、被写体距離を無限遠に限って収差補正することにより、像面湾曲、非点収差を抑えて、半画角が $6^\circ \sim 7^\circ$ という比較的広い画角において写真レンズに近い十分な性能を発揮する望遠対物レンズを得ることができる。

【 0 0 3 7 】特に、色収差の2次スペクトルの発生を小さく抑えることができる十分な性能を備えた望遠対物レンズを得ることができる。

## 【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の第1実施例を示すレンズ断面図であ

る。

【図2】第1実施例の諸収差図である。

【図3】この発明の第2実施例を示すレンズ断面図である。

【図4】第2実施例の諸収差図である。

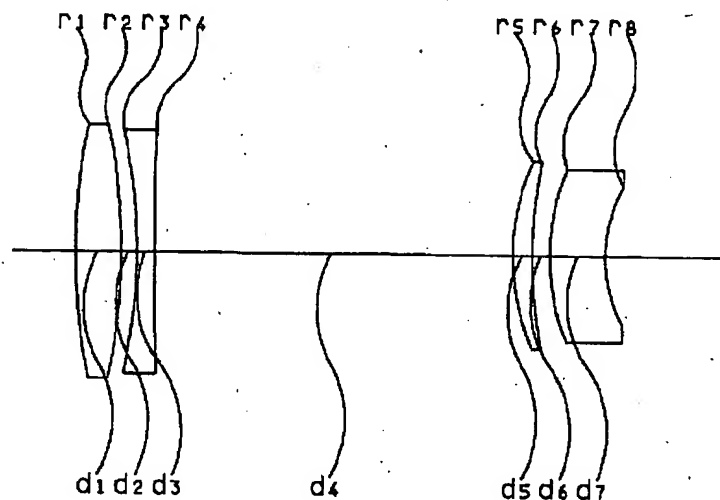
【図5】この発明の第3実施例を示すレンズ断面図である。

【図6】第3実施例の諸収差図である。

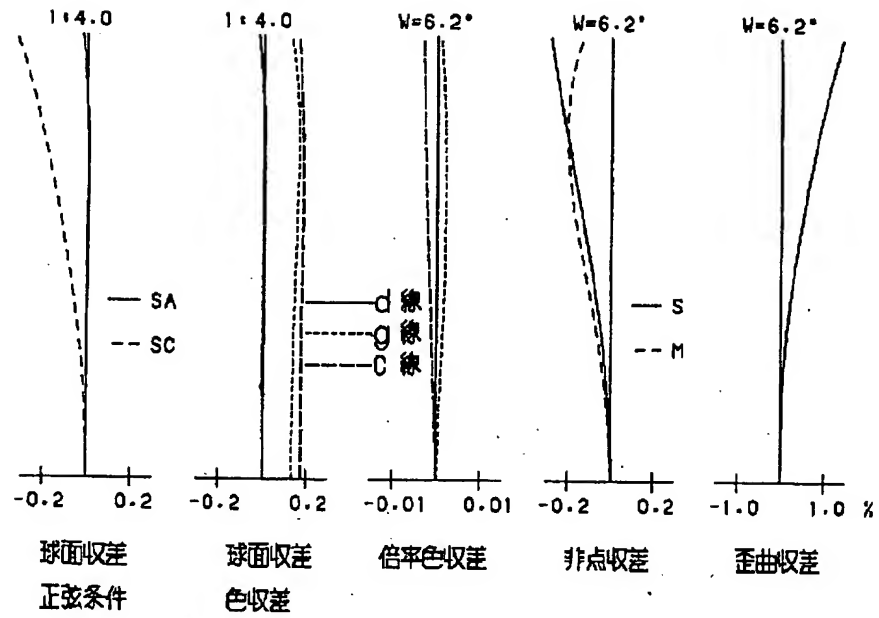
【図7】この発明の第4実施例を示すレンズ断面図である。

【図8】第4実施例の諸収差図である。

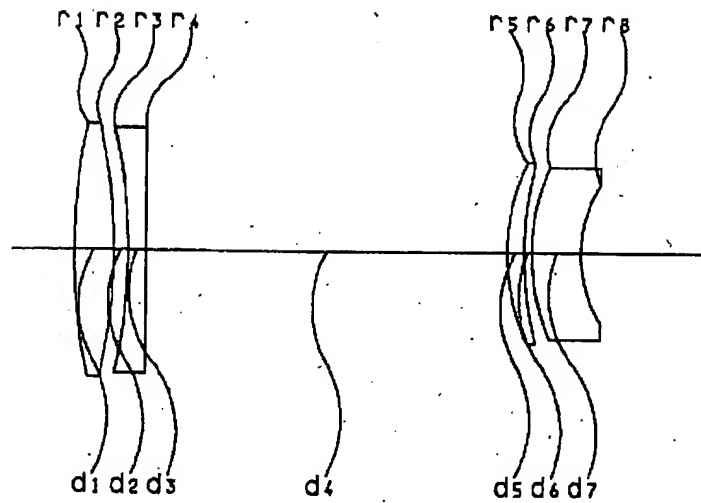
【図1】



【圖 2】

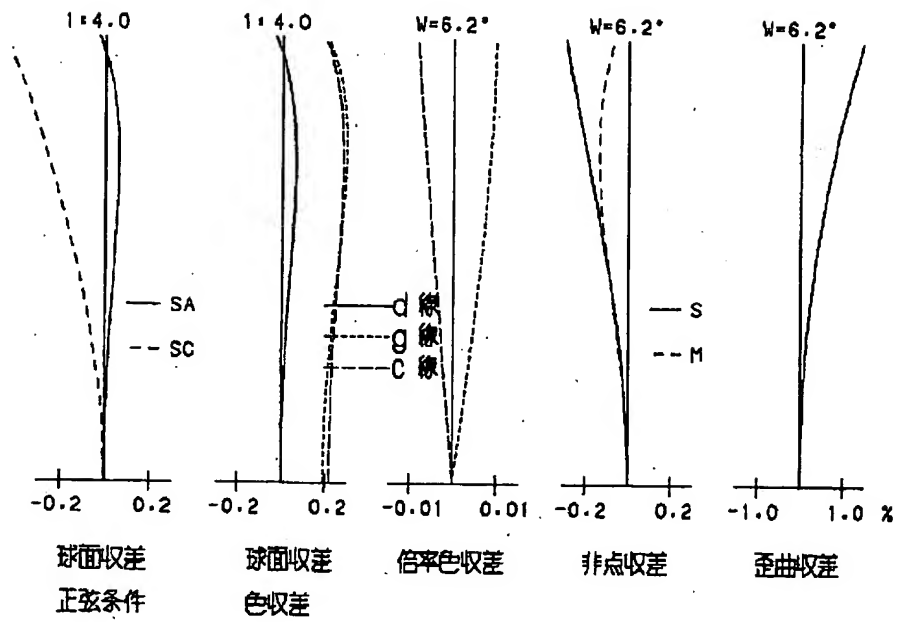


【圖 3】

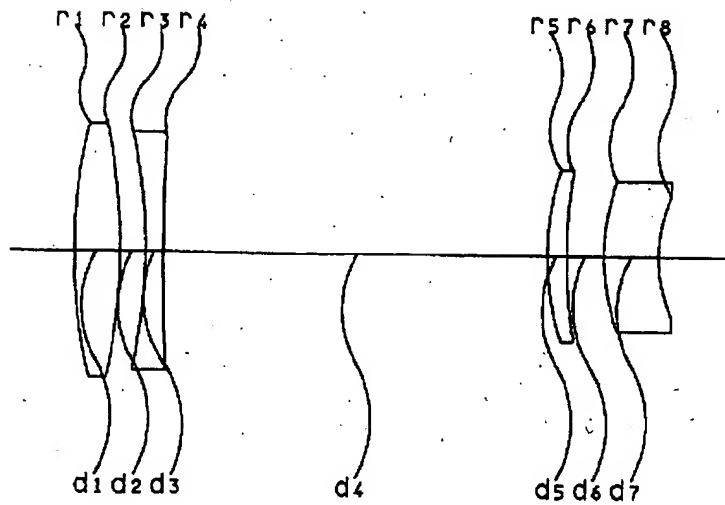




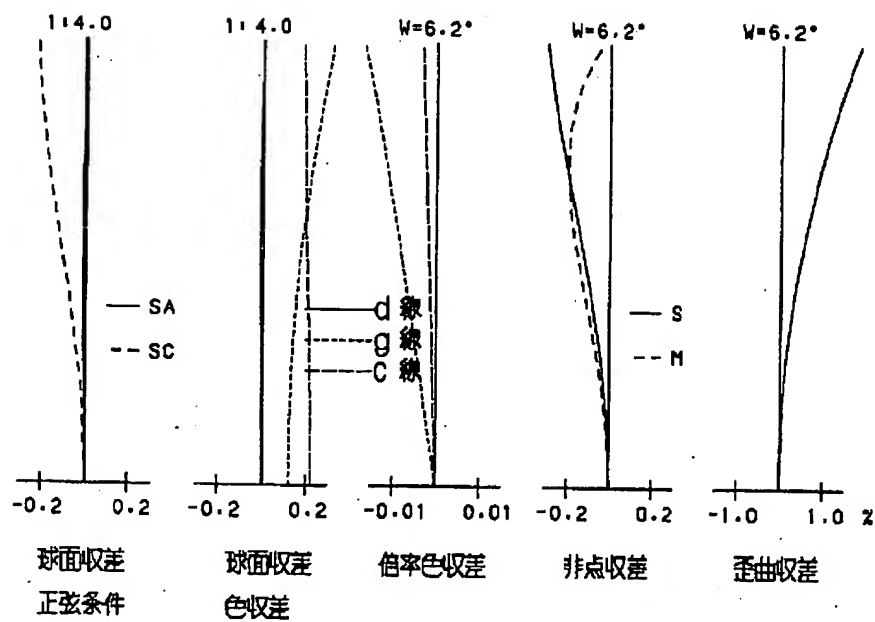
【圖 4】



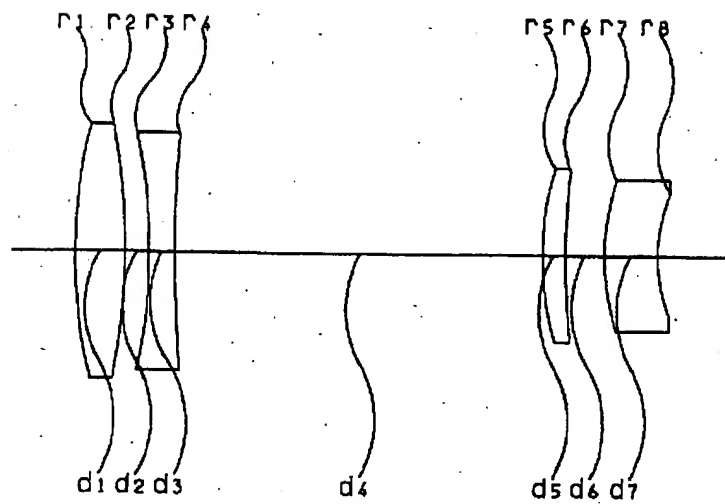
【圖 5】



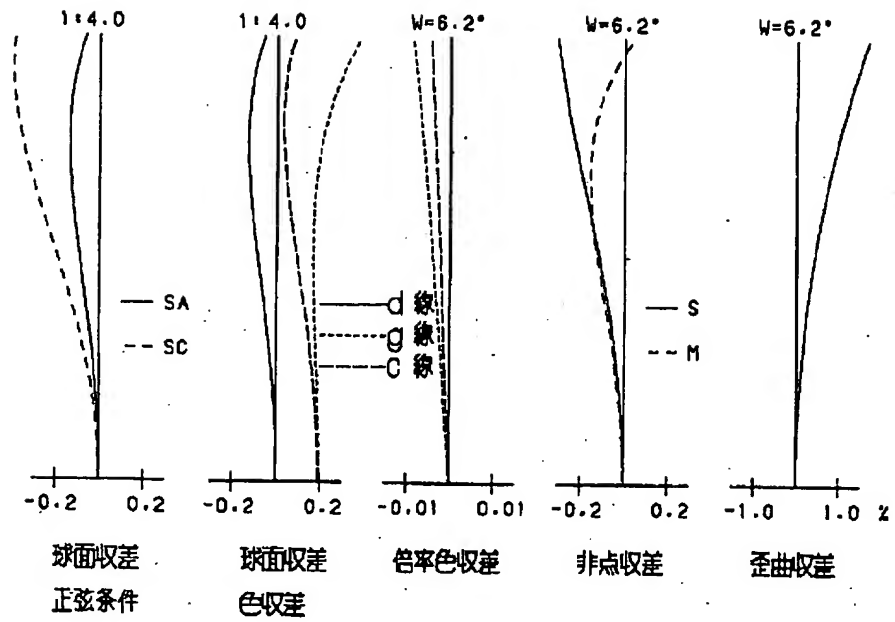
【圖 6】



【圖 7】



【図 8】



TELEPHOTO OBJECT LENS

Japanese Unexamined Patent No. Hei-5-2132

Laid-open on: January 8, 1993

Application No. Hei-3-154944

Filed on: June 26, 1991

Applicant: Asahi Optical Co., Ltd.

Inventor: Mayumi TAKENOUCHI

Inventor: Yasunori ARAI

Patent Attorney: Tamio NISHIWAKI

SPECIFICATION

[TITLE OF THE INVENTION]

Telephoto Object Lens

[ABSTRACT]

[Object] To provide a telephoto object lens in that a demand for a large aperture and a wide angle of view is satisfied and chromatic aberration is also sufficiently corrected.

[Composition] A telephoto object lens in which, in order from the object side, first and second lens groups both having positive power are arranged, wherein the first lens group is composed of one positive lens and one negative lens, the second

lens group is composed of a positive meniscus lens whose convex surfaces are oriented to the object side and a negative meniscus lens whose convex surfaces are oriented to the object side, and various conditions based on refractive indexes, Abbe's numbers, and partial dispersion ratios of the positive lens and negative lens of the first lens group are satisfied.

[WHAT IS CLAIMED IS;]

[Claim 1] A telephoto object lens in which, in order from the object side, first and second lens groups both having positive power are arranged, wherein

the first lens group is composed of one positive lens and one negative lens, the second lens group is composed of a positive meniscus lens whose convex surfaces are oriented to the object side and a negative meniscus lens whose convex surfaces are oriented to the object side, and the following respective conditions are satisfied:

- (1)  $1.53 < n_p$
- (2)  $-0.2 < n_p - n_n < 0$
- (3)  $20.0 < v_p - v_n < 40.0$
- (4)  $-0.1 < \theta_p - \theta_n < 0$
- (5)  $0.54 < \theta_v$  and  $65.0 < v_p$

Herein,

$n_p$ ,  $n_n$ : Refractive indexes of the positive lens and negative

lens of the first lens group, respectively

$v_p, v_n$ : Abbe's numbers of the positive lens and negative lens of the first lens group, respectively

$\theta_p, \theta_n$ : Partial dispersion ratios of the positive lens and negative lens of the first lens group, which are expressed by  $(n_g - n_F)/(n_F - n_C)$ , respectively

$n_\lambda$ : Refractive indexes at respective spectrum lines of  $\lambda = g, F, C$

[Claim 2] A telephoto object lens as set forth in Claim 1, wherein

the following conditions are satisfied:

(6)  $1.3 < f_1/f < 1.9$

(7)  $0.4 < f_p/f < 0.65$

(8)  $0.5 < |r_2|/f < 0.7$

(9)  $0.3 < d_4/f < 0.45$

(10)  $10.0 < v_{2p} - v_{2n} < 50.0$

Herein,

$f$ : Focal distance of the entire system

$f_1$ : Focal distance of the first lens group

$f_p$ : Focal distance of the positive lens of the first lens group

$r_2$ : Radius of curvature of the 2<sup>nd</sup> surface from the object side

$d_4$ : Distance between the 4<sup>th</sup> and 5<sup>th</sup> surfaces from the object side

v2p: Abbe's number of the positive lens of the second lens group

v2n: Abbe's number of the negative lens of the second lens group

[DETAILED DESCRIPTION OF THE INVENTION]

[0001]

[Field of the Invention] The present invention relates to a large-aperture telephoto object lens which has a simple configuration and an aperture ratio of around 1:4, which is used for an astronomical telescope, etc., for example.

[0002]

[Prior Arts] Priorly, as an optical system to be used for an astronomical telescope, a reflective telephoto lens using a Schmidt optical system, a super-telephoto lens for general photography, a short-focal-length object lens for an astronomical telescope or the like has existed.

[0003]

Reflective telephoto lenses such as Schmidt optical systems can be formed with a relatively large aperture, however, problems exist such that since the aspherization process of a Schmidt plate to be placed in front of a reflecting mirror is difficult, mass-production is difficult and cost is high, and in addition thereto, adjustment of the optical system is difficult, therefore, a high-quality image cannot be easily obtained.

[0004] In addition, sophisticated telephoto lenses for

general photography employing special low-dispersion glass are composed of a great number of component lenses, and an internal focusing mechanism and a diaphragm mechanism exist in the lens, therefore, the cost is very expensive.

[0005]

Accordingly, short-focal-length astronomical telescope object lenses are generally used as astronomical photographic lenses.

[0006]

[Problems to be Solved by the Invention] However, in terms of object lenses for astronomical telescopes, since chromatic aberration, spherical aberration, and coma aberration are required to be sufficiently lowered, it has been priorly difficult to obtain a large diameter. For example, a lens disclosed in Japanese Unexamined Patent Publication No. Sho-59-220711 has an aperture ratio of around 1:7 and is slightly dark for use in astronomical photography.

[0007] In addition, since an object lens of this type has a small aperture, a tracking equatorial telescope is required. Therefore, lenses having a larger aperture and a wider angle of view have been demanded.

[0008] A lens described in Japanese Unexamined Patent Publication No. Sho-62-96919 nearly satisfies the above demand



and correction of the longitudinal chromatic aberration is satisfactory, however, correction of the chromatic aberration of spherical aberration is insufficient. Thereby, a flare remains on a spot image of a white light.

[0009]

[Object of the invention] The present invention is made in view of the above problems and aims to provide a telephoto lens in which a demand for a large aperture and a wide angle of view is satisfied and chromatic aberration of spherical aberration can also be sufficiently corrected.

[0010]

[Means for Solving Problems] A telephoto object lens according to the present invention is constructed such that, in order from the object side, first and second lens groups both having positive power are arranged, wherein

the first lens group is composed of one positive lens and one negative lens, the second lens group is composed of a positive meniscus lens whose convex surfaces are oriented to the object side and a negative meniscus lens whose convex surfaces are oriented to the object side, and the following respective conditions are satisfied:

[0011]

(1)  $1.53 < n_p$

- (2)  $-0.2 < n_p - n_n < 0$
- (3)  $20.0 < v_p - v_n < 40.0$
- (4)  $-0.1 < \theta_p - \theta_n < 0$
- (5)  $0.54 < \theta_p$  and  $65.0 < v_p$

Herein,

$n_p$ ,  $n_n$ : Refractive indexes of the positive lens and negative lens of the first lens group, respectively

$v_p$ ,  $v_n$ : Abbe's numbers of the positive lens and negative lens of the first lens group, respectively

$\theta_p$ ,  $\theta_n$ : Partial dispersion ratios of the positive lens and negative lens of the first lens group, which are expressed by  $(n_g - n_F) / (n_F - n_C)$ , respectively

$n_\lambda$ : Refractive indexes at respective spectrum lines of  $\lambda = g, F, C$

[0012]

[Embodiments] Hereinafter, the present invention will be described based on the drawings.

[0013] A lens according to an embodiment is composed of, in order from the object side, a first lens group composed of one positive lens and one negative lens and a second lens group composed of a positive meniscus lens whose convex surfaces are oriented to the object side and a negative meniscus lens whose convex surfaces are oriented to the object side.

[0014] The lens according to an embodiment satisfies the respective conditional expressions described in Claim 1, and herein, a description will be given of these respective conditional expressions.

[0015] Conditional expression (1) defines a refractive index of the positive lens of the first lens group, Conditional expression (2) defines a difference in refractive indexes between the first lens group and negative lens of the first lens group, and both are conditions for suppressing chromatic aberration of spherical aberration. If the refractive index is less than the lower limit of conditional expression (1), glass material of the second lens group which satisfactorily meets the first lens group is limited and Abbe's number, etc., are restricted, whereby chromatic aberration of spherical aberration cannot be declined. In addition, if the difference in refractive indexes between the positive lens of the first lens group and negative lens of the first lens group deviates from the range of conditional expression (2), chromatic aberration of spherical aberration becomes great.

[0016] Conditional expression (3) defines a difference in Abbe's number between the positive lens and negative lens of the first lens group, and is a condition for appropriating power distribution. If the range of this condition is satisfied, power

of the two lenses of the first lens group can be maintained appropriate and chromatic aberration and spherical aberration can be corrected in a balanced manner.

[0017] Conditional expression (4) defines a difference in the partial distribution ratio between the positive lens and negative lens of the first lens group, and is a condition for suppressing a high-order chromatic aberration (secondary spectrum), which is a residual after a chromatic aberration is corrected, so as to become small. If the difference deviates from the range of this condition, the secondary spectrum of chromatic aberration becomes excessively great.

[0018] Conditional expressions (5) simultaneously define a partial dispersion ratio and Abbe's number of the positive lens of the first lens group, and are conditions for carrying out a secondary spectrum correction and also obtaining proper lens power. If the partial dispersion ratio and Abbe's number deviate from the ranges of these conditional expressions, it becomes difficult to cope with both a reduction in the secondary spectrum and a spherical aberration correction and a chromatic aberration correction of the spherical aberration.

[0019] In addition, the lens according to an embodiment further satisfies the respective conditional expressions described in Claim 2, and now a description will be given of

these respective conditional expressions.

[0020] Conditional expression (6) defines a focal distance of the first lens group in relation to a focal distance of the entire system, and is a condition for obtaining a satisfactory aberration correction under a preferable length of the entire system. If the focal distance is more than the upper limit of this condition, an optical system in which aberration correction is easy can be obtained, however, the telephoto ratio becomes great, whereby the entire length thereof becomes great. In contrast thereto, if the focal distance is less than the lower limit of this condition, power of the first lens group becomes excessively great and the radius of curvature of each lens surface becomes small, thus it becomes difficult to suppress occurrence of various aberrations including spherical aberration.

[0021] Conditional expression (7) is a condition for correcting chromatic aberration and spherical aberration in a balanced manner. If the value is more than the upper limit of this condition, correction of chromatic aberration becomes difficult, and in contrast thereto, if the value is less than the lower limit of this condition, in addition to the difficulty in correcting the chromatic aberration, correction of the spherical aberration also becomes difficult.

[0022] Conditional expression (8) defines a radius of curvature of the second lens surface from the object side, and is a condition for correcting spherical aberration and coma aberration in a balanced manner. If the radius of curvature is more than the upper limit of this condition, it becomes difficult to correct spherical aberration, coma aberration, and astigmatism in a balanced manner. In contrast thereto, if the radius of curvature is less than the lower limit of this condition, it becomes necessary to reduce the radius of curvature of the third lens surface from the object side so as to correct spherical aberration and coma aberration, thus a high-order spherical aberration easily occurs.

[0023] Conditional expression (9) defines an air gap between the first lens group and second lens group, and is a condition for carrying out a correction of curvature of field. If the air gap is more than the upper limit of this condition, it becomes difficult to secure a sufficient back focus to attach a camera, etc. In contrast thereto, if the air gap is less than the lower limit of this condition, both lens groups excessively approximate each other and it becomes difficult to satisfactorily correct a curvature of field which is generated by the first lens group basically of a tablet composition. In addition, the lens diameter of the second lens group becomes

great, thereby causing an increase in cost.

[0024] Conditional expression (10) defines a difference in Abbe's number between the positive lens and negative lens of the second lens group, and is a condition for lowering chromatic aberration in the second lens group. By maintaining the range of this condition, it becomes possible to correct spherical aberration and a curvature of field without increasing the chromatic aberration that has been corrected by the first lens group.

[0025] [First embodiment] Fig. 1 shows a first embodiment of the present invention.

[0026] A detailed composition of numeric values is shown in Table 1, and various aberrations based on this composition are shown in Fig. 2.

[0027]

Herein, in symbols in the tables of all embodiments, FNo. represents an F-number,  $f$  represents a focal distance,  $\omega$  represents a half angle of view,  $fb$  represents a back focus,  $r$  represents a radius of curvature of a surface,  $d$  represents a lens thickness or an air gap,  $n$  represents a refractive index at the d-line of a lens, and  $v$  represents Abbe's number of a lens.

[Table 1]

FNo.=1:4.0 f=400.00mm

$\omega=6.2^\circ$  fb=196.68mm

Surface No.	r	d	n	v
1	256.628	18.00	1.56907	71.3
2	-238.733	6.12		
3	-224.094	7.00	1.65412	39.7
4	1500.950	145.00		
5	91.703	7.82	1.65844	50.9
6	189.166	7.00		
7	90.980	22.00	1.69895	30.1
8	56.151			

[0028] [Second embodiment] Fig. 3 shows a second embodiment of the present invention, wherein a numeric value composition is shown in Table 2, and various aberrations based on this composition are shown in Fig. 4.

[0029] [Table 2]

FNo.=1:4.0 f=400.00mm

$\omega=6.2^\circ$  fb=194.80mm

Surface No.	r	d	n	v
1	240.735	15.59	1.56907	71.3
2	-233.281	5.56		
3	-230.014	7.00	1.76200	40.1



4	12647.947	145.00		
5	80.477	6.98	1.65844	50.9
6	141.343	3.00		
7	82.201	20.04	1.69895	30.1
8	52.234			

[0030] [Third embodiment] Fig. 5 shows a third embodiment of the present invention, wherein a numeric value composition is shown in Table 3, and various aberrations based on this composition are shown in Fig. 6.

[0031] [Table 3]

FNo.=1:4.0 f=400.00mm

$\omega=6.2^\circ$  fb=190.58mm

Surface No.	r	d	n	v
1	209.766	18.00	1.56907	71.3
2	-252.628	9.84		
3	-224.899	7.00	1.65016	39.4
4	801.926	155.25		
5	108.478	7.82	1.65844	50.9
6	215.761	15.0		
7	89.170	22.00	1.69895	30.1
8	58.970			

[0032] [Fourth embodiment] Fig. 7 shows a third embodiment of the present invention, wherein a numeric value composition is shown in Table 4, and various aberrations based on this composition are shown in Fig. 8.

[0033]

[Table 4]

FNo.=1:4.0 f=400.00mm

$\omega=6.2^\circ$  fb=192.14mm

Surface No.	r	d	n	v
1	202.581	20.00	1.56907	71.3
2	-268.477	9.88		
3	-228.914	10.00	1.59551	39.2
4	547.347	147.67		
5	121.263	9.00	1.65844	50.9
6	266.557	16.00		
7	94.947	22.00	1.69895	30.1
8	63.099			

[0034] [Numeric value data of conditional expressions of the respective embodiments] Numeric value data of the respective conditional expressions of the first through fourth embodiments are shown in Table 5.

[0035]

[Table 5]

Conditional expression	Embodiment 1	Embodiment 2	Embodiment 3	Embodiment 4
(1) $1.53 < n_p$	1.57	1.57	1.57	1.57
(2) $-0.2 < n_p - n_n < 0$	-0.09	-0.15	-0.08	-0.03
(3) $20.0 < v_p - v_n < 40.0$	31.6	31.2	31.9	32.1
(4) $-0.1 < \theta_p - \theta_n < 0$	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03
(5) $0.54 < \theta_p$	0.545	0.545	0.545	0.545
(5) $65.0 < v_p$	71.3	71.3	71.3	71.3
(6) $1.3 < f_1/f < 1.9$	1.828	1.621	1.672	1.682
(7) $0.4 < f_p/f < 0.65$	0.550	0.528	0.510	0.515
(8) $0.5 <  r_2 /f < 0.7$	0.60	0.58	0.63	0.67
(9) $0.3 < d_4/f < 0.45$	0.36	0.36	0.39	0.37
(10) $10.0 < v_{2p} - v_{2n} < 50.0$	20.8	20.8	20.8	20.8

[0036]

[Effects of the Invention] As has been described above, according to the present invention, a telephoto object lens can be obtained, which suppresses a curvature of field and astigmatism by correcting the aberrations by limiting the object distance to infinity and exhibits, with a relevantly wide angle of view whose half angle of view is  $6^\circ$ - $7^\circ$ , sufficient performance close to a photographic lens, even with a simple configuration composed of four lenses of two groups.

[0037] In particular, a telephoto object lens having sufficient performance capable of suppressing occurrence of the secondary spectrum of chromatic aberration so as to become small.

[BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS]

[Fig. 1] A lens sectional diagram showing the first embodiment of the present invention.

[Fig. 2] A various aberrations diagram of the first embodiment.

[Fig. 3] A lens sectional diagram showing the second embodiment of the present invention.

[Fig. 4] A various aberrations diagram of the second embodiment.

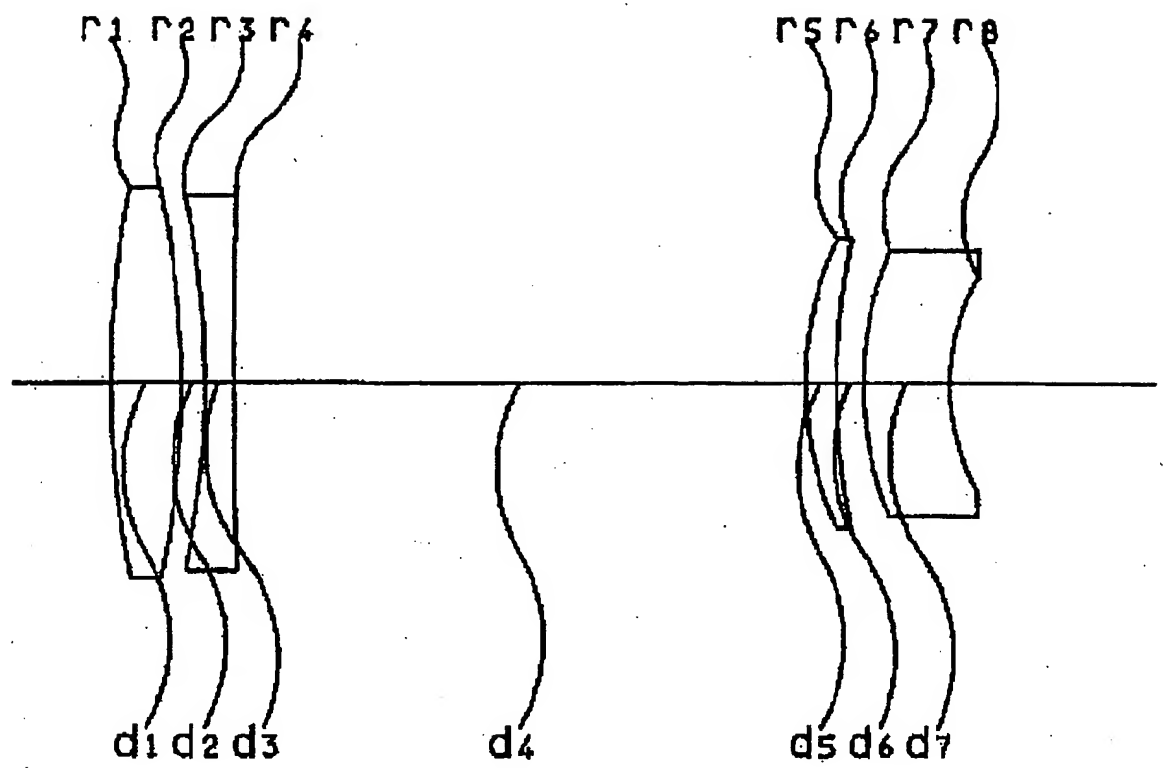
[Fig. 5] A lens sectional diagram showing the third embodiment of the present invention.

[Fig. 6] A various aberrations diagram of the third embodiment.

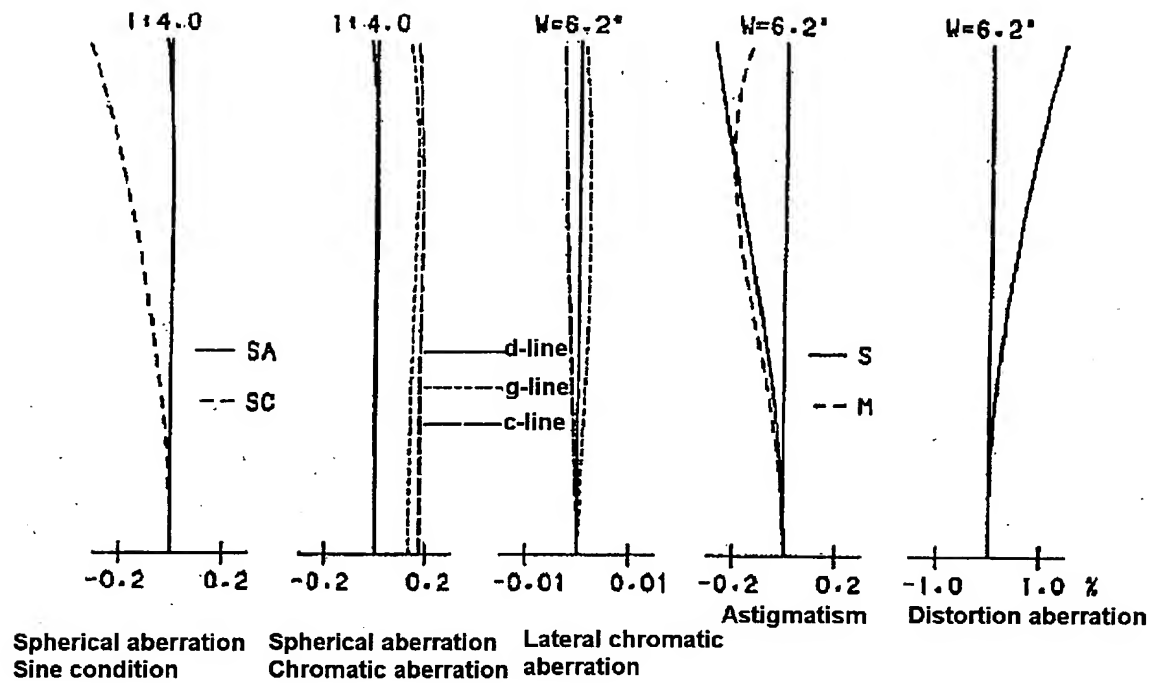
[Fig. 7] A lens sectional diagram showing the fourth embodiment of the present invention.

[Fig. 8] A various aberrations diagram of the fourth embodiment.

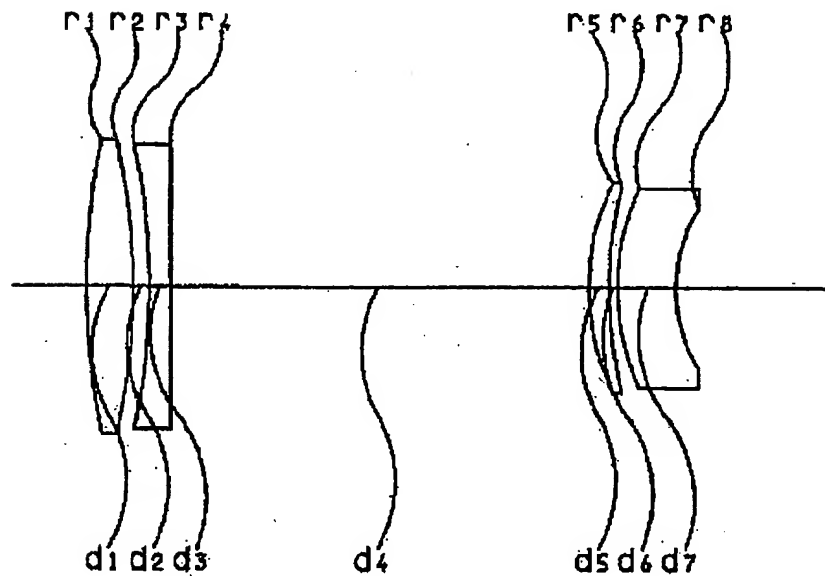
**Fig.1**



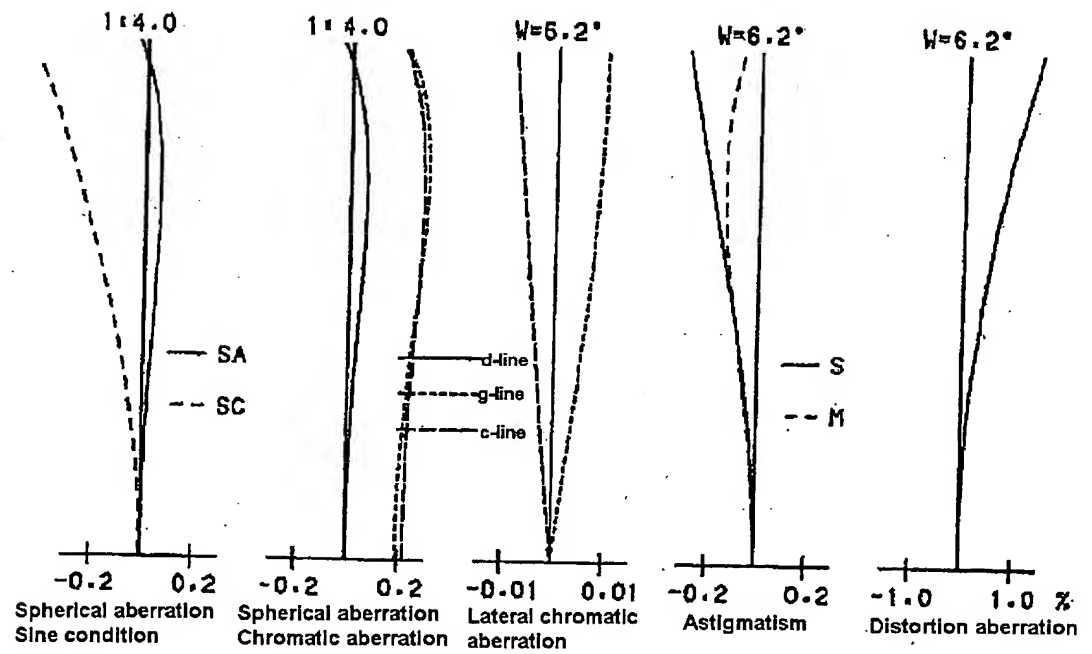
# Fig.2



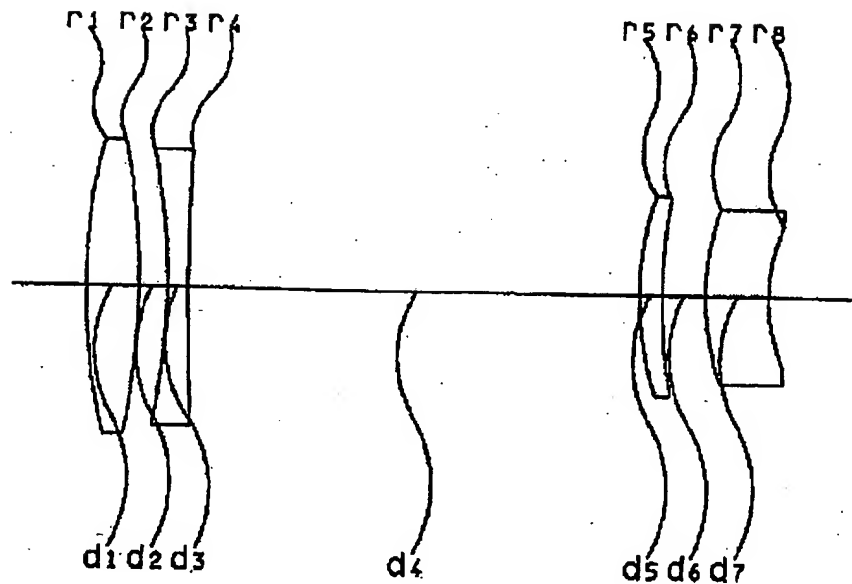
# Fig.3



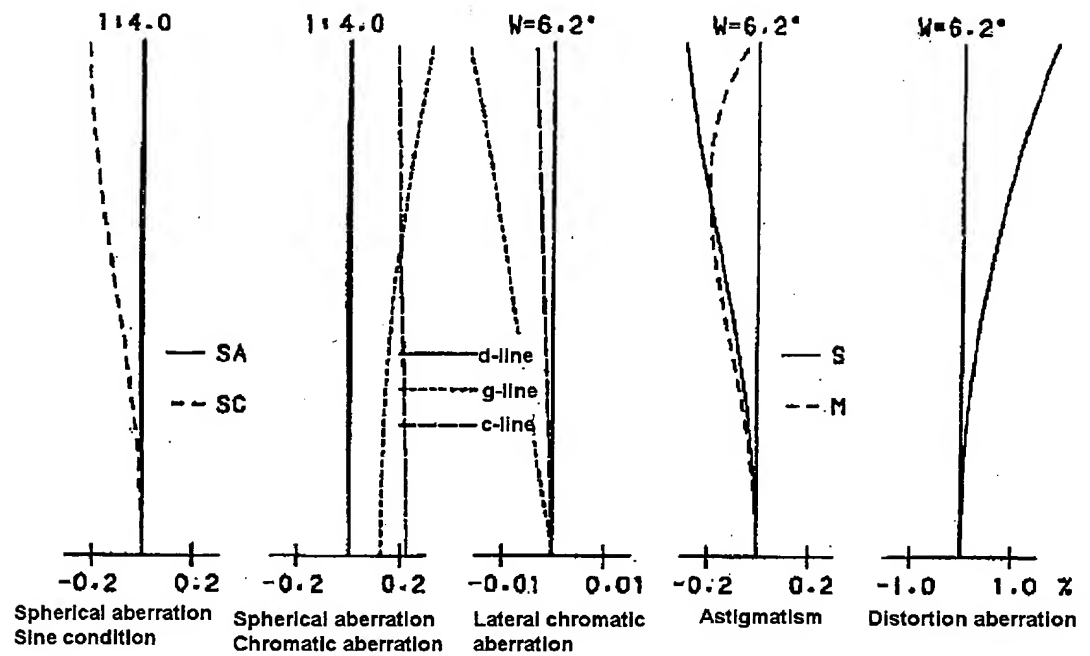
# Fig.4



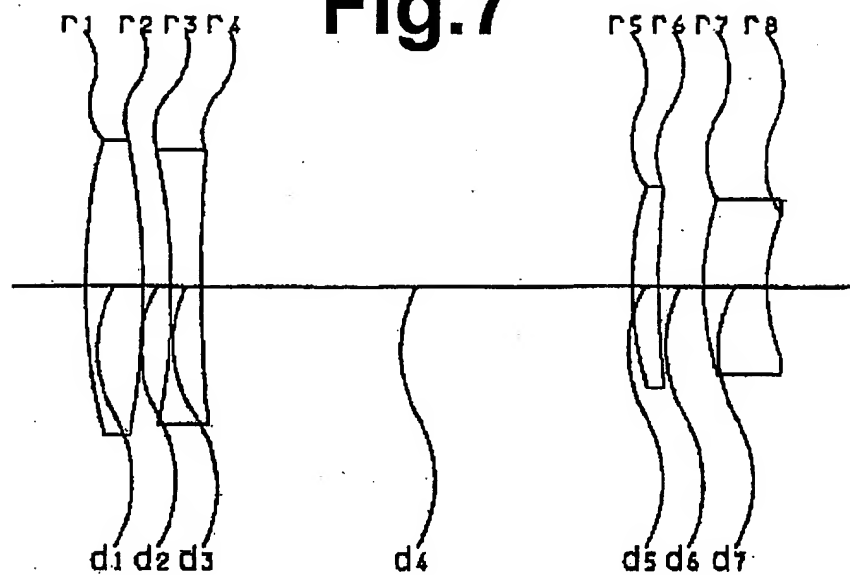
# Fig.5



# Fig.6



# Fig.7





# Fig.8

